

SphereMesh1.0 使用说明

概述

SphereMesh1.0 是使用 wolfram kernel(mathematica 内核)作为球网排布的计算内核, 使用 mathematica notebook 作为操作界面的 UGNX 插件。它的主要功能是在 UGNX 中生成半径可以梯度变化的近似相切的球体填充, 球面上均匀开孔, 同时可以生成弧形的支撑以便 3D 打印。

SphereMesh1.0 涉及到两个文件, 一个是 TXT 文件, 这个文件记录了所有的控制点, 以便控制球网的分布, 它的格式是每一行均为 (x 坐标 y 坐标 z 坐标 外径 内径 开孔数 开孔半径 支撑直径), 且必须要两行以上。另一个是 WDX 文件, 这个文件是 wolfram kernel 生成的数据文件, 可以保存曾经生成的球网, 以便继续加工和多次使用。

使用 SphereMesh1.0 需要同时安装 UGNX 和 mathematica, UGNX 的推荐版本是 10.0, mathematica 的推荐版本是 12.0.

原理介绍

SphereMesh1.0 的工作原理是使用足够密集的随机点填充实体模型所在的区域, 每一个随机点都是一个可能的球心的位置。用这样的方式来达到离散化整个模型的目的, 用近似的相切来代替严格相切, 从而避免了过于复杂的数学解析计算。在产生了随机点之后, 程序会自动搜索每一个随机点周围最近的控制点, 即 TXT 文件中所标注的那些点, 然后将控制点所携带的外径、内径、开孔数、开孔半径、支撑直径等信息复制到随机点上。计算核心部分启动之后, 会先随机挑选一个带有控制信息的随机点, 把这个点所表示的信息作为第一个球的各种参数。然后在这个随机点周围寻找满足条件 $d < r_1 + r_2$ 和 $(1-n) * (r_1 + r_2) < d$ 的其他随机点, 其中 d 为两个随机点之间的距离, r_1 为已有的那个随机点所携带的外径信息, 而 r_2 是周围的随机点所携带的外径信息, n 是一个可以设定的参数。显然 n 越小所生成的球网相交部分就越少, 就越接近相切, 但是所需要的随机点的数量也会相应的提高, 耗时会增加, 否则所生成的球网质量会很差。找到满足条件的一系列其他随机点之后, 程序会从中选取一个作为下一个球的各种参数, 在选取的时候会优先考虑那种使得在这个点上的球能与最多数目的球相交的点, 这样会使得模型的结构紧凑, 不至于过于稀松。然后程序将重复这样的操作直到在已有的球周围没有任何满足条件的随机点为止。所以如果随机点的数量太少, 程序会提前终止。

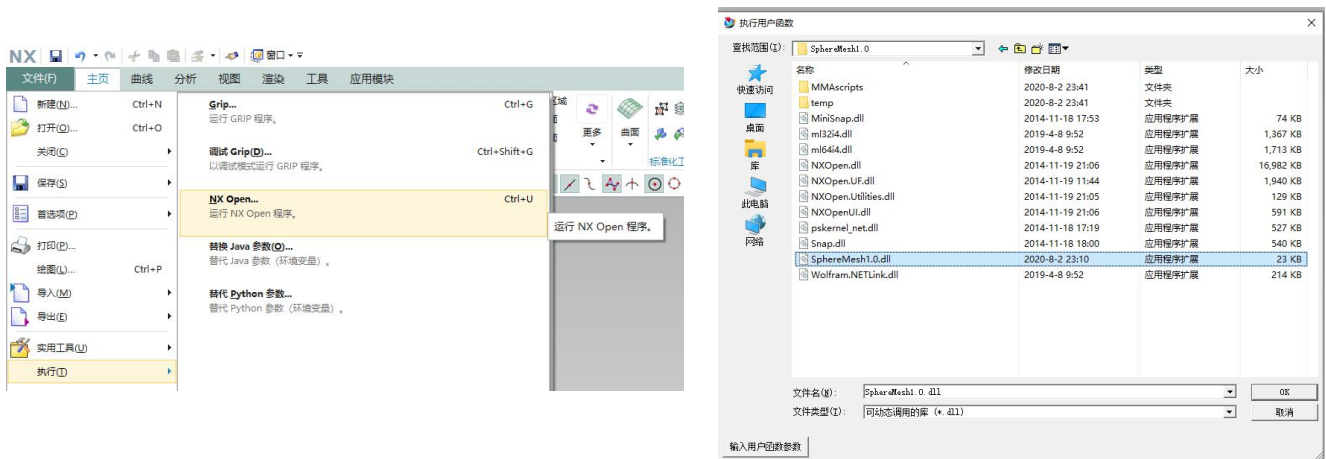
TXT 文件中的控制点的数目可以很多, 程序对此专门进行了优化, 当控制点足够地多时, 便可以形成球的各种参数连续变化的效果, 以满足不同的设计需求。但是如果控制点的外径的最大值和最小值差距过大会影响计算效率和精度, 对此本程序设计了分段填充的方案, 将在后文进行介绍。

由于考虑到支撑将不可避免地留在球网内部, 于是选择了生成弧形支撑, 来最大限度地保持球网的力学性能。若为杆支撑, 在挤压过程中可能将球戳破。在生成支撑的时候, 对每一个球 A, 程序会首先检查这个球 A 的最底部是否被其他球所包含, 如果是便放弃生成支持。紧接着找出该球 A 附近且最底点低于该球的球, 找到该球 A 最底部与这些球最底部的连线。找到这些线段不与任何球相交的部分。通过平面几何可以证明, 当以这些线段为弦来做弧线的时候, 若弧线与最初的该球 A 相切, 便可以自动地与周围的球相切。这是可以生成弧形支撑的理论基础。在此基础上生成的弧形支撑能与所有球相切。同时程序还必须保证支撑不通过其他球, 即与其他球相交。关于这一点, 程序将每一段弧用 10 条线段来逼近, 检验每一条线段是否在其他球中。支撑还必须满足可以被打印, 在这里若该球 A 与周围球的最低点的连线与垂直方向的夹角大于 45 度, 该支撑将被舍弃。最后若支撑的直径小于支撑所在的弧线的半径, 支撑也将被舍弃, 这是因为支撑在 UGNX 中的生成方式为扫略, 若引导线的曲率过大会产生错误。程序会一

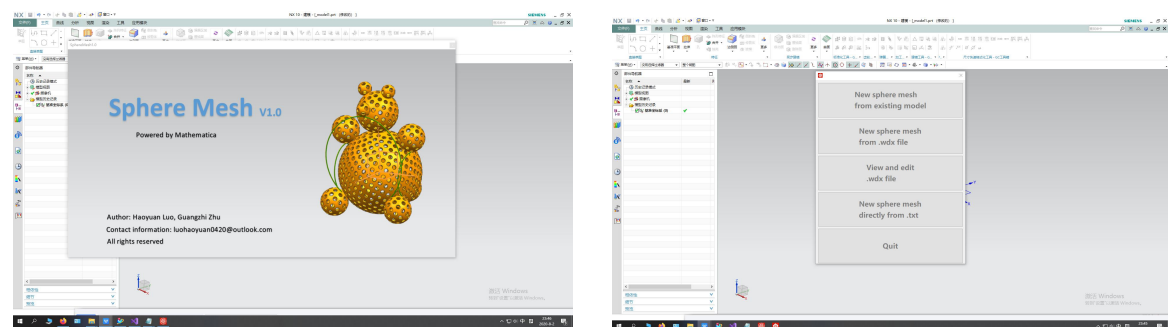
直寻找支撑直到数目达到用户所规定的数目。最后会显示没有被支撑的球，若这些球在模型的关键位置可以使用半自动调整来调整模型然后重新生成支撑，若在非关键位置可以考虑最后切掉，这将在后文详细论述。

操作说明

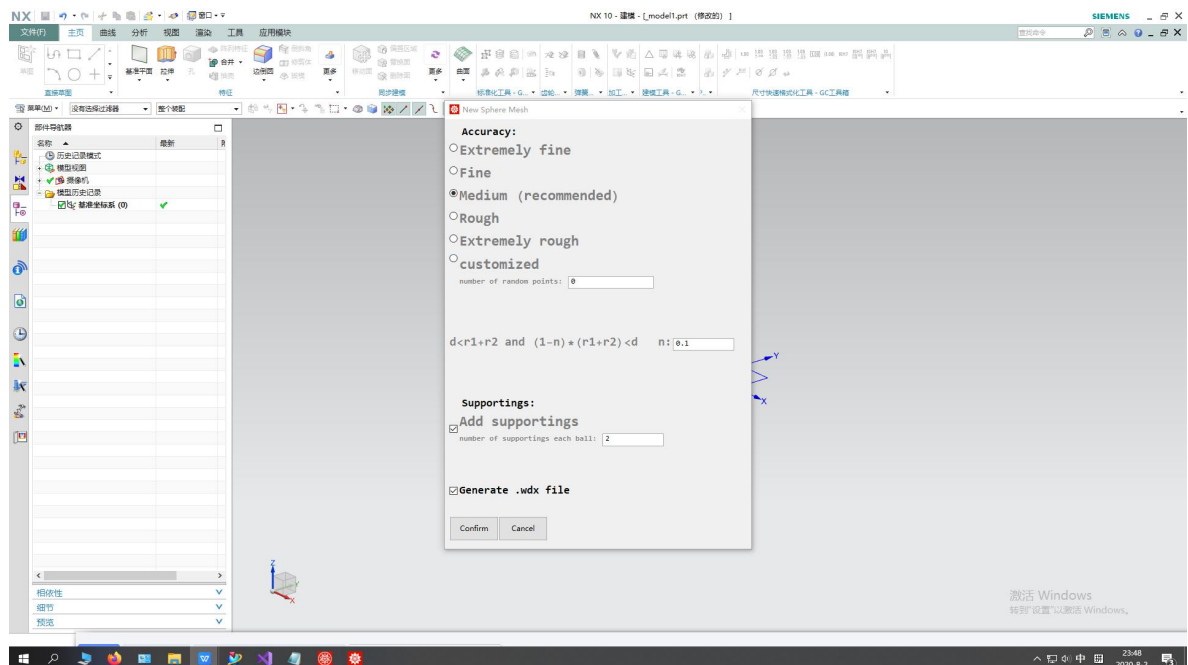
以管理员身份运行 UGNX(这在某些电脑上很关键)，新建一个模型(若没有新建，在 UGNX 中生成模型时会报错)，Ctrl+U 执行 NXopen 程序。然后在程序包中选择 SphereMesh1.0.dll，便可以运



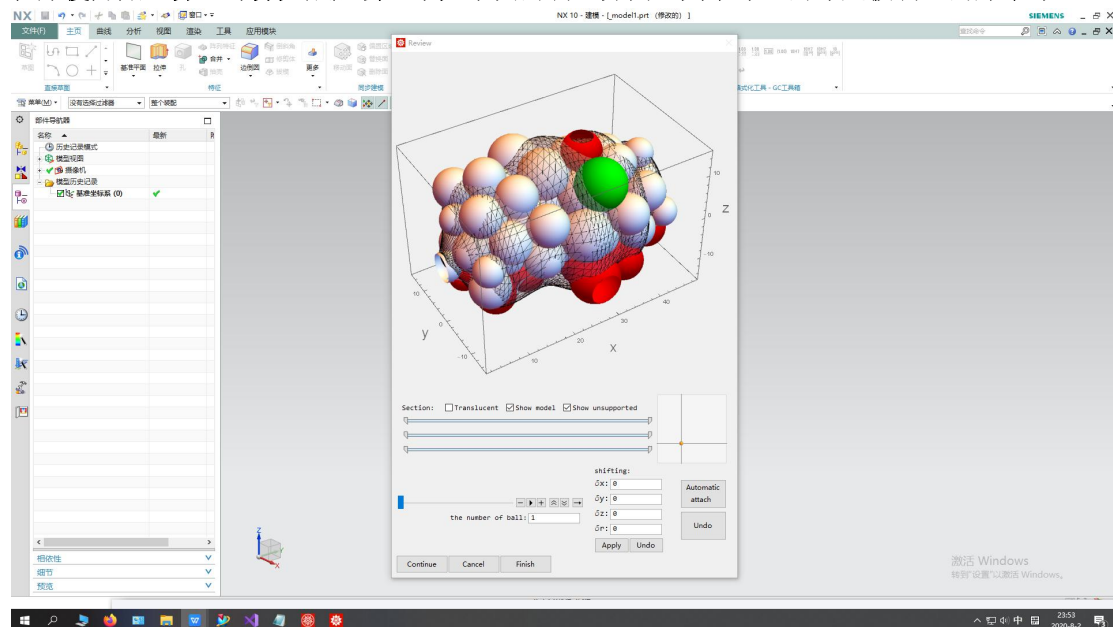
行程序，程序会首先检查文件的完整性，若没有问题便会显示如下的欢迎界面，接下来是功能



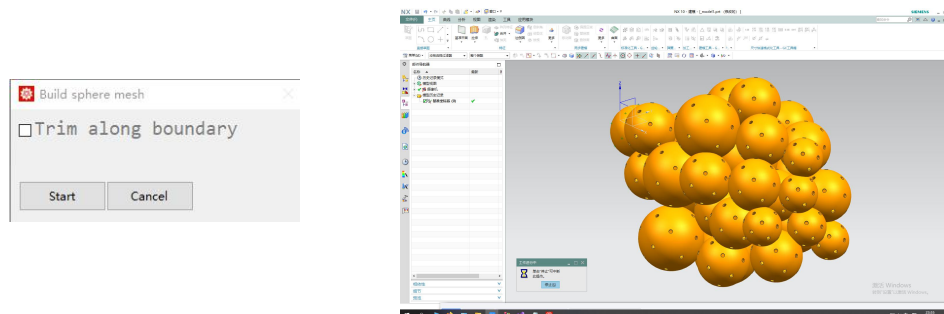
菜单，选择所需的功能。以第一个，从现有模型生成球网和第三个，查看编辑 WDX 文件为例进行讲解。若选择第一项，需要选择一个 STL 文件，即需要生成球网的实体区域，和一个 TXT 文件，即控制点的文件。控制点文件需要满足格式 (x 坐标 y 坐标 z 坐标 外径 内径 开孔数 开孔半径 支撑直径)，且必须要两行以上，且在数据末尾不要有多余的回车，否则将不能继续运行。



如上的界面为球网生成的设置界面。首先是精度从上到下前五个分别是 1/50, 1/40, 1/30, 1/20, 1/18, 即沿着模型的 x 或 y 或 z 方向的一条直线上大致会分布 50, 40, 30, 20, 18 个随机点。当然也可以用户自定义, 选择 customized 选项即可。第二个部分是精度控制, 输入 $d < r_1 + r_2$ 和 $(1-n) \cdot (r_1 + r_2) < d$ 中的 n 的取值, n 应为 0.001 到 0.5 之间的整数。接下来是选择是否生成支撑, 若选择是, 则需要输入每个球的最大的支撑的数目。最后是选择是否生成 WDX 文件。在确定后程序便开始运算。计算完成后会显示如下图的调整界面。其中绿色的球是被调整的那个球, 红色的球是没有支撑的球, 网格状的是 STL 模型, 白色的是正常的有支撑或者不需要支撑的球。

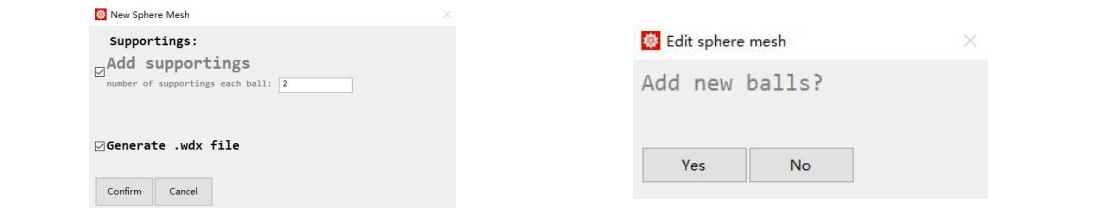


色的球是没有支撑的球, 网格状的是 STL 模型, 白色的是正常的有支撑或者不需要支撑的球。同时支撑的扫略弧线也会在图中显示。需要注意, 这里使用的坐标系与 UGNX 中的可能会有所不同, 但是这并不影响球网的生成结果。可以通过图片下方的选项选择显示模式, 可以选择是否半透明, 是否显示 STL 模型, 是否显示没有支撑的球。通过三个蓝色的滑条可以对图像进行切片, 从而可以局部放大观察。通过右边的方形控制板可以旋转图像。下方的滑块是用来移动绿色的光标的, 可以选择调整对象。DeltaX、DeltaY、DeltaZ、DeltaR 用来改变球的参数。automatic attach 按钮按下后程序会自动搜索绿色的球附近的四个球然后改变绿色球的半径和位置, 使之自动吸附相切。球网中间的红色的球是特别需要关注的对象, 因为这些球没有支撑往往是因为支撑的半径过小, 而且这些球不像边缘的球可能被切掉一半从而将最低点切除, 若这些球没有被调整极有可能在打印过程中产生缺陷。在实际的调整过程中有许多技巧。手动参数修改和 automatic attach 联合使用效果最佳。对于边缘的球通常可以使用手动调整将球心拉出再使用 automatic attach 将球自动吸附在其他球上, 最后再稍微扩大半径使得几个球相交。需要注意, 在调整的时候, 在程序进行计算的时候不要急于继续操作, 否则可能死机退出。调整结束后点击 continue 会重新生成支撑继续调整, 若点击 finish 则会进入生成环节, 会显示如下对话来询问是否需要将球网沿着某个模型的边界裁剪。若勾选是, 则在 UGNX 中出现选择实体的提示,

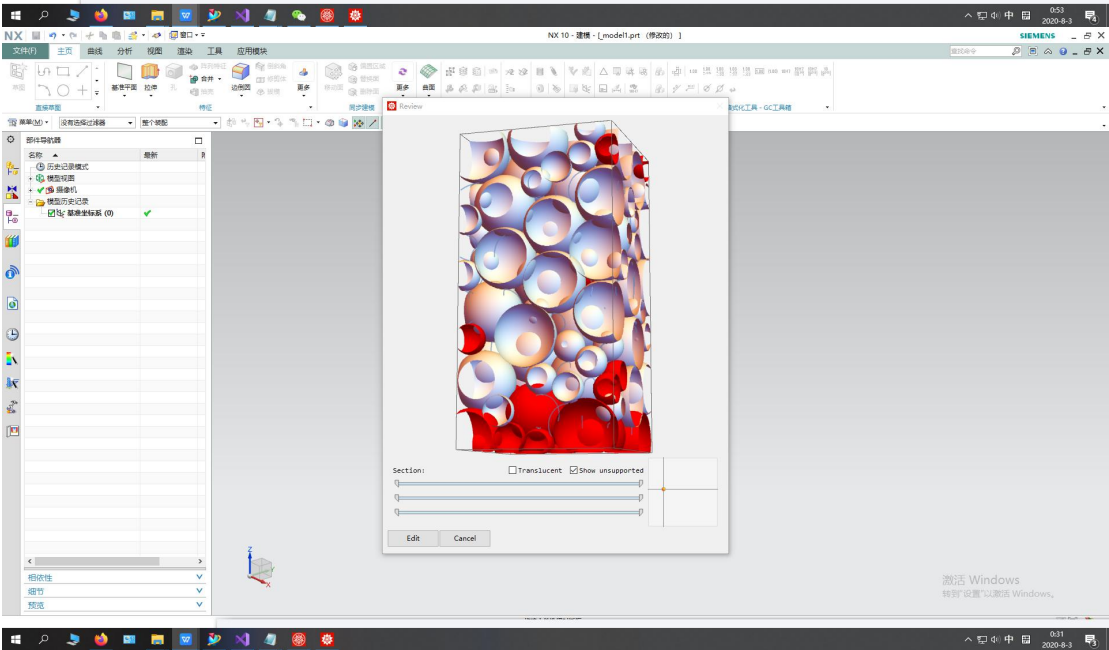
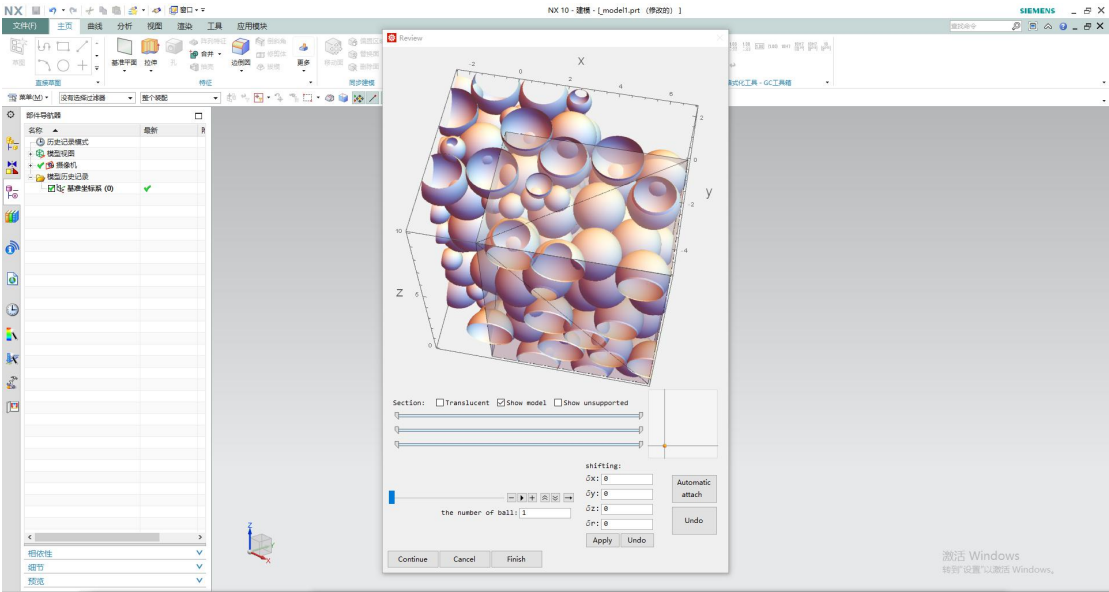


需要选择一个实体。但是由于布尔运算不能对没有重叠部分的实体进行, 于是在裁剪的过程中

时常会出现报错而终止的情况。若在功能选择菜单中选择了第三个选项，则可以编辑已有的 **WDX** 文件，首先是可以对 **WDX** 文件进行调整。需要选择是否需要添加支撑，注意在第三个功能中，之前 **WDX** 文件中自带的支撑需要重新生成。然后需要选择是否生成新的 **WDX** 文件，若为否，则将会对原来的 **WDX** 文件进行覆盖。接下来会出现如上的调整界面。调整结束后会询问是否需



要添加新的球。若选择否，程序将自动结束。在添加新的球的过程中，程序会自动识别已有的球，不会出现重叠的情况。若希望填充的球的半径变化较大，非常推荐采用这种分段生成的方式。而对于片状或者条状的模型，采用分段生成的方式也可以一定程度上提高效率。添加了新的球之后程序会出现调整界面，若调整结束，程序将自动退出不在 **UGNX** 中生成球网。这里展



示的是分段填充中使用不同的模型填充以及使用同一个模型但是大小不同的两种球的填充。而

功能选择菜单中的第二个选项是从 **WDX** 文件生成球网，通过编辑修改的 **WDX** 文件需要通过第二个功能才能在 **UGNX** 中生成。第四个功能是从 **TXT** 文件直接生成球网。**TXT** 文件直接指定球的位置大小等参数，**TXT** 文件的格式与控制点文件的格式一致。**TXT** 文件描述的球也可以转化为 **WDX** 文件来进一步加工。在生成球网的时候，程序会自动避开两球接触处的开孔，支撑连接处的开孔。

Q&A

若遇到明显的 **BUG** 或者使用操作上的问题欢迎邮件 luohaoyuan0420@outlook.com

展望

本程序其实本来可以更好地与 **UGNX** 相结合，但由于作者并不熟悉 **C++** 和 **VB** 语言，没有进一步开发。若有需要 **UGNX API** 的参考文档欢迎邮件作者索取。关于 **mathematica**，**mathematica** 是科学计算软件，与 **MATLAB** 齐名，拥有丰富的内置函数，语言简单易用，但是易学难精，有相当的高的编程门槛，并且由于语法过于自由给继续开发和维护造成一定困难。所有的 **wolfram scripts**(**mathematica** 的脚本)都在文件夹 **MMAscripts** 中。若确有继续开发的需要欢迎联系作者询问。